

УДК 621.791.75

ОСОБЕННОСТИ СВАРКИ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ТРУБОПРОВОДОВ
ИЗ СТАЛИ ASTM A335 Gr P91Ф. И. ПАНТЕЛЕЕНКО¹, А. Л. МИНЬКОВ¹, А. А. КОРОТЕЕВА²¹Белорусский национальный технический университет

Минск, Беларусь

²Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

В последние годы широкое применение в энергетике многих стран находят эффективно работающие при высоких температурах главные паропроводы из хромистой стали P91.

Лимитирующей проблемой, не позволяющей дальнейшую эксплуатацию паропроводов, является зарождение и развитие трещин 4-го типа в шве и зоне термического влияния сварных соединений.

При ползучести выявляют два типа межзеренного разрушения:

1) разрушение клиновидной трещиной, зарождающееся обычно в точке встречи трех зерен и затем непрерывно распространяющееся вдоль их границ от поверхности в глубину паропровода;

2) разрушение путем образования по границам зерен пор, которые увеличиваются со временем в размерах, сливаются и образуют сплошную трещину.

Клиновидные трещины образуются при более низких температурах, высоких напряжениях и высоких скоростях ползучести, а трещины, образовавшиеся из пор, при более высоких температурах, низких напряжениях и малых скоростях ползучести.

Отличительная особенность клиновидных трещин – гладкая поверхность разрушения, тогда как трещина, образовавшаяся из пор, имеет неровную поверхность.

За последние три десятилетия учеными и специалистами достигнут значительный прогресс, позволивший, благодаря введению некоторых легирующих элементов (бор, ванадий, ниобий, азот) в небольших количествах в основной металл и металл шва, создать микроструктуру стали с мелкодисперсным упрочнением (карбидами, карбонитридами и др.), а также регулировать размеры зерен, и тем самым повысить рабочие температуры с 500 °С до 650 °С.

Таким образом, ключевыми направлениями, позволяющими повышать эксплуатационный ресурс экономнолегированной стали P91 (0,1 % С, 9 % Cr, 1 % Mo, 0,18 % V, 0,08 % Nb, 0,08 % N, остальное Fe), являются:

- поиск оптимального химического состава, обеспечивающего получение требуемой структуры основы, дисперсных труднорастворимых фаз и их распределения по телу зерна, тормозящих явления ползучести;

- поиск оптимальных режимов предсварочной тепловой и физической обработки, термического цикла сварки с наложением термомеханической обработки, послесварочной термической обработки;

- поиск эффективных приемов создания требуемых напряженного состояния и химического состава в поверхностных дефектных слоях эксплуатируемых паропроводов;

- разработка режимов сварки с минимальной погонной энергией в защитной среде, исключающей попадание водорода в сварочную ванну и позволяющей введение такого горофильного элемента, как бор;

- поиск оптимального по составу и свойствам покрытия на шве и зоне термического влияния, исключающего процесс внутреннего окисления при эксплуатации паропровода;

- совершенствование методов диагностики и неразрушающего контроля состояния основного металла, металла шва и зоны термического влияния в процессе эксплуатации;

- разработка и поиск оптимальных режимов восстановительной термической обработки металла шва и зоны термического влияния в процессе эксплуатации паропровода в случае деградации механических свойств.

В настоящее время авторы работают над решением нескольких из указанных выше проблемных вопросов.